

Az AEKI új kiégett fűtőelem tároló épületének sugárvédelmi ellenőrző rendszere

Bäumler Ede^{*1}, Elter Dénes², Sarkadi András¹, Petrányi János¹, Horváth József¹

¹Gamma Műszaki zRt.,

²KFKI Atomenergia Kutatóintézet

Abstract

In 2004 an agreement was concluded about the shipment of spent fuel assemblies from Hungary to Russia (RRRFR program). The fuel assemblies are of Soviet and Russian origin, with high enrichment and were used at the Budapest Research Reactor (BKR). This program is aimed to ship spent fuel assemblies from the BKR to Russia.

The storage building of spent fuel assemblies (KKFT) is restructured to allow for placing the assemblies into transport containers. The work in the new light-structured building will be continuous, and take a long term. During the activities with the assemblies the risk of radiation and contamination of the workers increases. This is the reason of survey system implementation.

The survey system is consisting of 3 pieces gamma dose rate detectors and alert units (BNS-97). One of the three detectors is placed on the trolley. The transport container is mounted on the trolley during the filling up of the transport basket. From the trolley any manipulation can be made in the storage pool. The secondary alarm lamps and the "RayMon" data collector program are placed in the sluice gate.

For checking the gamma and beta contamination of hand, feet and clothes a hybrid personal radiation control gate (BNS-94PH) is installed at the entrance of the hall. The newly developed alarm unit, data collector program, and control gate will be presented.

Keywords KKFT (storage building of spent fuel assemblies), survey system, control gate

Kivonat

2004-ben megállapodás született a szovjet eredetű, magas dúsítású, kutatóreaktorokban használt fűtőkötegek Oroszországban lévő reprocesszáló helyre történő visszaszállítására (RRRFR program). A program keretében lehetőség nyílik a Budapesti Kutatóreaktor (BKR) kiégett fűtőelemeinek az elszállítására.

A fűtőelemek szállítókonténerbe helyezésére átalakításra került a külső kiégett fűtőelem tároló (KKFT). Az új, könnyűszerkezetes épületben végzett munka folyamatos és hosszú távú. A fűtőelemekkel végzett műveletek során megnövekedhet a munkavégzőket érő sugárzás és elszennyeződés veszélye, ez indokolta a sugárvédelmi rendszer telepítését.

A monitoring rendszer a teremben 3 db gamma-dózisteljesítmény mérő detektorból és riasztó egységből áll (BNS-97). A három detektor közül az egyik az ún. kocsira van szerelve, ezen helyezkedik el a szállítókonténer a szállítókosár megtöltésekor és erről történik a tárolómedencében végzett összes manipuláció. A másodlagos jelzőlámpák és a „RayMon” programmal ellátott központi adatgyűjtő a zsiliben került elhelyezésre. A kéz, talp és ruházat ellenőrzésére szolgáló, gamma és béta szennyezettséget ellenőrző „hibrid személyi sugárkapu” (BNS-94PH) a csarnokban, a bejáratnál van telepítve. A cikkben bemutatjuk az új fejlesztésű riasztó egységet, adatgyűjtő programot és sugárkaput.

Kulcsszavak KKFT (kiégett fűtőelem tároló), monitoring, sugárkapu

I. KKFT FELÚJÍTÁS

2004-ben megállapodás született a szovjet, illetve orosz eredetű, magas dúsítású, kutatóreaktorokban használt fűtőkötegek Oroszországban lévő reprocesszáló helyre történő visszaszállítására (RRRFR program). A program keretében lehetőség nyílik a Budapesti Kutatóreaktor (BKR) kiégett fűtőelemeinek az elszállítására.

A telephely vizsgálata alapján egyértelműen megállapítható volt, hogy a meglévő infrastruktúra jelenlegi állapotában nem alkalmas a tervezett fűtőelem-szállító konténerek fogadására, azok kiszolgálására. Az előzetes felmérések és tanulmányok alapján a fűtőelemek szállítókonténerbe helyezésére egyetlen terület, a külső kiégett fűtőelem tároló (KKFT) alakítható át megfelelően.

A KKFT átalakítása során, a KKFT területén lévő régi épület, a daru és a beton padlózat elbontásra került. Az 1. ábrán látható új, könnyűszerkezetes épület lehetővé teszi a napszaktól és időjárástól független munkavégzést, valamint biztosítja a munkavégzéshez megfelelő, a tiszta szerelésre vonatkozó

* baumler@gammatech.hu

előírások betartásához szükséges körülményeket. Megerősített padlózata biztonságosan elviseli az ISO konténerben lévő 2 db SKODA TC (szállítókonténer) beszállítását végző jármű súlyát, alkalmas 16 db SKODA TC tömegéből eredő terhelés elviselésére. Bevonata a nukleáris iparban használatos MASTERTOP fantázianevű kétkomponenses műgyanta, ami jól mosható, kopásálló és teherviselő. Az új daru alkalmas a SKODA TC daruzására, valamint az annak kiszolgálásához szükséges egyéb berendezések biztonságos mozgatására.

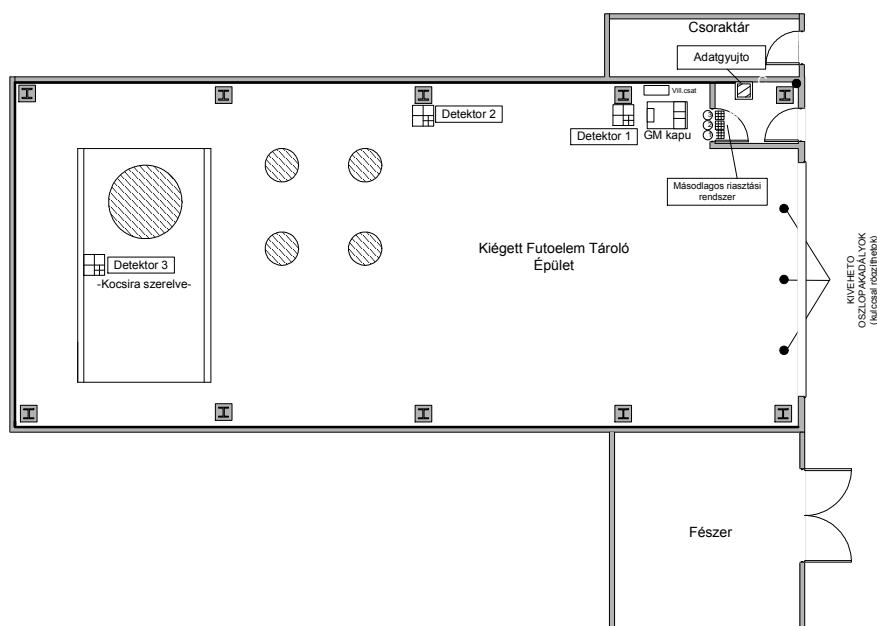
1. ábra. Az új KKFT épület



A besugárzott fűtőkötegek szállításhoz való előkészítése során nagyszámú fűtőköteget kell mozgatni. A fűtőelemek tárolása a SKODA TC-ben a tároló épületében történik, passzív felszáráz (áttokozott régi fűtőkötegek), illetve nedves módon. A besugárzott fűtőkötegekkel végzett munka folyamatos és hosszú távú. A fűtőelemeket tartalmazó hermetikus tokok felvágása során fennáll a fűtőelemek vízvédelemből kiemelésének veszélye, valamint megnő a munkavégzők elszennyeződésének veszélye is.

A fentiek miatt indokolt volt gamma-dózisteljesítmény mérő detektorok és személyi szennyezettség ellenőrző berendezés telepítése az új épületben.

2. ábra. KKFT sugárvédelmi rendszere



A 3 db gamma-dózisteljesítmény mérő detektor, a sugárkapu, a másodlagos jelzőlámpák és a központi adatgyűjtő elhelyezése a 2. ábrán látható. Az első detektor a teremben a bejáratnál, a második az épület közepén egy-egy tartóoszlopra került felszerelésre. A harmadik detektor az un. kocsira van szerelve. Ezen a kocsin helyezkedik el a szállítókonténer a szállítókosár megtöltésekor és erről a kocsiról történik a tárolómedencében végzett összes manipuláció. A detektorok másodlagos riasztóegységei a bejárat zsilip belső ajtaja fölé lettek elhelyezve, ugyancsak a zsilipben található a központi adatgyűjtő. A sugárkapu a csarnokban, a bejáratnál van felállítva.

II. A SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER MEGVALÓSÍTÁSA

A. Monitoring rendszer

A monitoring rendszer detektorai BNS-97 típusú „sugárvédelmi monitorok” helyi kijelzéssel, két beállítható riasztási szinttel, továbbá helyi eseményriasztással, nyugtázási lehetőséggel, szünetmentes tápellátással rendelkeznek. Az eseményriasztás az előző átlagértéket szignifikánsan meghaladó pillanat vagy átlagérték esetében történik. Széles méréstartományuk az [1] referencia szerinti mérési eljárásnak köszönhető, éppúgy, mint az alacsony mérési- és linearitás hiba, vagy a nagy túlterhelhetőség. A műszer soros vonalon kommunikál a riasztó egységgel, illetve az adatgyűjtő számítógéppel. A módosított BNS-97R riasztóegység 3 lámpás, a további 2 lámpa kezelésére egy új adatgyűjtő került bele, ez kérdezi le két másodpercenként a műszert és kommunikál a PC-vel. A riasztó egységek duplikálva vannak.

3.ábra. A detektor egybeépítve riasztóegységével, és a duplikáció



Az új adatgyűjtő-, megjelenítő program „RayMon” névre hallgat. Üzem közben a képernyő felület három részre tagozódik. A három detektor által mért pillanatnyi dózisteljesítmény numerikusan, és grafikusan logaritmikus kijelző sávon jelenik meg a pillanatnyi állapotok ablakában. A naplózott események eseménynapló ablakban láthatók. Az operátor ablakban a kiválasztott detektor adatai, az általa mért átlagértékek, az utolsó 1000 mérés idődiagramja látható, innen történik a nyugtázás, az eseményekhez intézkedési terv rendelhető. A szerviz ablak megnyitásával beállítható az állomásnév, az adatgyűjtés jellemzői, a jelzési és riasztási szint és az ezekhez rendelt jelzések. A rendszer jelenlegi beállításai: lekérdezés 2 másodpercenként, átlagképzés 10 percre. A riasztási beállítások az 1. táblázatban találhatóak. *A kocsin 10 $\mu\text{Gy/h}$ -t meghaladó érték is előfordulhat üzemszerűen.

1. táblázat. Monitoring rendszer jelenlegi beállításai

állomás	eseményriasztás műszer zümmerével	figyelési szint riasztó sárga lámpa	riasztási szint riasztó duda 4s és piros villogó nyugtázásig
1. Bejárat	✓	500 nGy/h	5 µGy/h
2. Terem	✓	500 nGy/h	5 µGy/h
3. Kocsi	✓	500 nGy/h	15 µGy/h*

Hibrid személyi sugárkapu

A feladat szerint ellenőrizendő a két kéz és két talp felületi szennyezettsége, és a ruházat előlről-hátulról. Az erre a célra kifejlesztett BNS-94PH „hibrid személyi sugárkapu” detektorai végtagonként 2 db SZBT-10 36 cm² felületű végablakos GM-cső, a ruházat gammaszennyezettségének ellenőrzésére az első és hátsó oszlopokba épített Ø 25 x 300 mm NaI(Tl) szcintillációs kristállyal ellátott NDI típusú detektor. A kristály vízszintes irányban ± 45°, függőleges irányban ± 60°-ra kollimálva. Az intelligens detektorok működtető programja a [2] referencia szerinti sugárkapu algoritmus, ez nagy érzékenységet és automatikus háttér kompenzációt biztosít. A mérés indítása a kézmérők egyidejű lenyomásával történik.

A kiléptetés fázisai a 2. táblázatban találhatók:

2. táblázat. A kiléptetés fázisai

állapot	jelzés LED- sorral	időzítés	kiléptetés
beléphet	zöld		tiltva
mérés	sárga	4 s	tiltva
továbbmehet	felső zöld	5 s	engedélyezve
tiltás	piros	forgó zárva	tiltva

4. ábra. LED-sorok és érintőképernyős kijelző



A LED-soros kijelzés megvalósítása, és a kapu belépő oldalán elhelyezett érintőképernyős kijelző a 4. ábrán látható. A kijelzőn inverz képpel jelenik meg a szennyezett terület.

A felületi szennyezettség értéke ⁹⁰Sr+⁹⁰Y ekvivalens Bq/cm² –ben, a ruházat gammaszennyezettsége a természetes háttér értékéhez viszonyítva olvasható le a kijelzőről. Több szennyezett testrész esetén a szimbólumok egymás utáni érintésével olvashatók le a mértékek. A nyugtázás a képernyőről történik. A sugárkapuhoz PC-s technológiai programot készítettünk és adtunk beállítások, kalibrálás, tesztlesek céljára. A megrendelő kérésére – arra hivatkozva, hogy az intézményben alfa szennyezettséggel nem kell számolni, a detektorok védelme viszont fontos - a szennyezettség-mérők védőfóliázva lettek. A kalibráció már ebben az állapotban történt. A telepített sugárkapun a helyszínen az MKEH Metrológiai Főosztály Sugárfizikai és kémiai mérések osztálya az érzékenység meghatározására vizsgálatokat végzett. Vizsgálták a kéz- és lábszondák érzékenységét ⁹⁰Sr+(⁹⁰Y) forrással, az érzékenység változását a béta

átlagenergiájának függvényében ^{14}C , ^{137}Cs , ^{36}Cl és $^{90}\text{Sr}+(^{90}\text{Y})$ RHA forrásokkal, és inhomogenitás méréseket végeztek. Az első és hátsó mérőoszlopokat ^{137}Cs forrással vizsgálták.

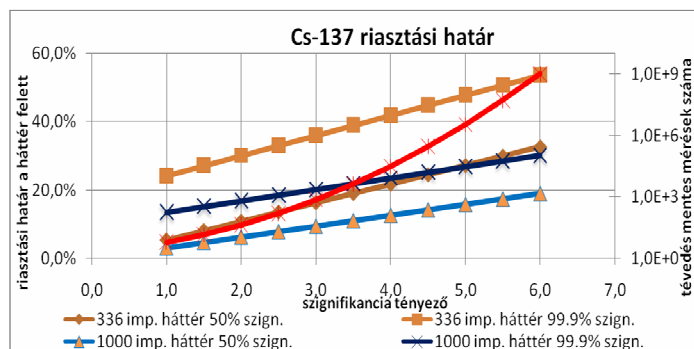
A Vizsgálati Bizonyítvány szerint a szennyezettség mérők 0,1 (imp/s)/(Bq) és a mérőoszlopok 0,06 (imp/s)/(Bq) körüli érzékenysége alátámasztja az általunk – műszerkönyvben – megadott érzékenységi adatokat (3. táblázat).

3. táblázat. Detektorok radioaktív sugárforrásokra adott válaszreakciója (érzékenység)

detektor	kimutatási határ 80 nGy/h háttérsugárzás esetén
kéz- és lábmérők	< 0,5 Bq/cm ² $^{90}\text{Sr}+(^{90}\text{Y})$ ekvivalens
oszlopok	háttér + 4 nGy/h 50%-os szignifikancia szinten, ^{137}Cs -al vizsgálva*

*A gamma sugárkapuk kimutatási határa függ a sugárminőségtől, a szignifikancia tényezőtől, a riasztás szignifikancia szintjétől és a háttérsugárzás aktuális értékétől (abban az esetben, ha nem fix, az expozíció idejétől is). A szignifikancia tényező, mint szorzószám azt jelenti, hogy a háttér középértéke fölött hány-szoros szórásra van beállítva a mért értékek riasztási határa. A riasztás szignifikancia szintje ettől független, azt jelenti, hogy a mért értékek hány százaléka esik a riasztási határ fölé. Az 50%-os szignifikancia szintű határ egyszerű számítással adódik, és néhány méréssel ellenőrizhető, ebből számítható tetszőleges megbízhatósági szintű, például 99,9%-os határ (5. ábra). Ha a 99,9%-os határt kellene ellenőrizni, ahhoz legalább 10000 mérést kellene elvégezni a dózisteljesítmény határértékén.

5. ábra. A riasztási határ változása a megbízhatósági szint és a háttér függvényében, valamint a várható tévedésmentes mérések száma (piros görbe) a szignifikancia tényező függvényében (Ez az egyoldalas kivülesés valószínűségének reciproka.)



A fix geometria miatt az aktivitás értékek is számíthatók (4. táblázat).

4. táblázat. Számított kimutatási határok (dózisteljesítmény a háttér felett és aktivitás). BNS94 P szcintillációs detektor, elsőfajú szignifikancia tényező: 4

háttér [nGy/h]	izotóp	50%-os riasztási határ [nGy/h]	99,9%-os riasztási határ [nGy/h]	50%-os riasztási határ 30 cm-ről [kBq]	99,9%-os riasztási határ 30 cm-ről [kBq]
70	^{241}Am	0,28	0,53	13,75	25,86
70	^{137}Cs	3,79	7,13	8,70	16,36
70	^{60}Co	34,67	65,24	4,39	8,27
210	^{241}Am	0,48	0,88	23,35	42,88
210	^{137}Cs	6,44	11,82	14,77	27,13
210	^{60}Co	58,91	108,7	7,47	13,41

Az üzemeltetés tapasztalatai

A sugárkapu pillanatnyilag át van helyezve a főépület bejáratához, a régi kapu meghibásodása miatt. Az üzemeltetés során kiderült, hogy a mérés indítása után a sugárkaput el lehet hagyni és a forgó kereshetéz sétálva meg lehet várni, amíg az nyit. Ennek elkerülésére infravörös fénysorompó utólagos beépítését tervezzük.

6. ábra. A főépületbe áttelepített sugárkapu



A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség bejelentés nélküli ellenőrzést tartott, amelynek során több fűtőköteget is megemeltetett. Mindhárom detektor eseményriasztást jelzett, indokolva ennek a funkciónak a hasznosságát.

7. ábra. Munkavégzés a kocsin



IRODALOM

- [1] Bäumlér E, Erdős K, Gujgiczér Á, Illés Zs, Nagy L, Pintér I, Sarkadi A, Solymosi J: Univerzális radioaktív sugármérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a méréshatárának kiterjesztésére. Lajstromszám: 224 502
- [2] Bäumlér E, Erdős K, Sarkadi A: Eljárás és berendezés járművek és/vagy rakományok radioaktív szennyezettségének – mobil sugárforrásnak – kimutatására. Lajstromszám: 220 207